

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 760 277 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.03.1997 Patentblatt 1997/10(51) Int. Cl.⁶: B29C 45/50, B29C 45/76

(21) Anmeldenummer: 96111985.6

(22) Anmeldetag: 25.07.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT FR IT LU NL

(30) Priorität: 01.09.1995 DE 19532267

(71) Anmelder: Ferromatik Milacron Maschinenbau
GmbH
D-79364 Malterdingen (DE)

(72) Erfinder:

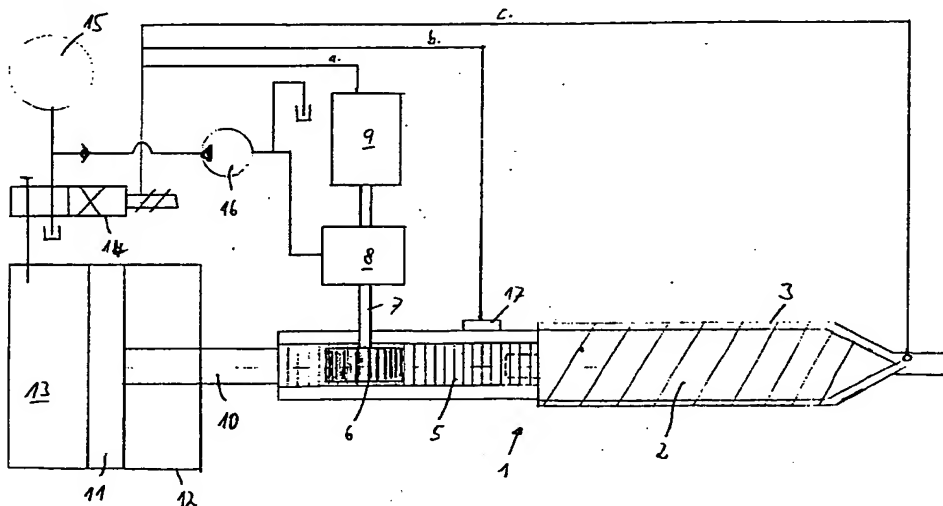
- Jaroschek, Christoph, Dr.-Ing.
79346 Endingen (DE)
- Bourdon, Karl-Heinz, Dr.-Ing.
79276 Reute (DE)

(74) Vertreter: Röther, Peter, Dipl.-Phys.
Patentanwalt
Vor dem Tore 16a
47279 Duisburg (DE)

(54) Elektrischer Antrieb mit hydraulischer Unterstützung in einer Spritzgießmaschine

(57) Bei einem elektrischen Antrieb mit hydraulischer Unterstützung in einer Spritzgießmaschine, insbesondere für den Schneckenvortrieb beim Einspritzvorgang und/oder in der Nachdruckphase mit einem Elektromotor (9), der über ein geeignetes Getriebe (5-7) die axiale Vortriebsbewegung bewirkt, und einem aus einem Druckmittelspeicher (15) mit Druck beaufschlagbaren, in einem Zylinder (12, 13) verschiebbaren Kolben (11), dessen Bewegung der durch den Elektromotor (9)

erzeugten axialen Bewegung überlagerbar ist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Druckbeaufschlagung über den Druckmittelspeicher (15) bei Erreichen einer definierten Regelgröße erfolgt, die einem definierten Belastungszustand des Elektromotors (9) entspricht, wobei der Druckanstieg im Zylinder (13) proportional zur Lastaufnahme des Elektromotors (9) ist.



EP 0 760 277 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen elektrischen Antrieb mit hydraulischer Unterstützung in einer Spritzgießmaschine, insbesondere für den Schneckenvortrieb beim Einspritzvorgang und/oder in der Nachdruckphase mit einem Elektromotor, der über ein geeignetes Getriebe die axiale Vortriebsbewegung bewirkt, und einem aus einem Druckmittelspeicher mit Druck beaufschlagbaren, in einem Zylinder verschiebbaren Kolben, dessen Bewegung der durch den Elektromotor erzeugten axialen Bewegung überlagerbar ist.

Die Erfindung wird im folgenden am Beispiel des Einspritzvorgangs von plastifiziertem Kunststoffmaterial in die Kavität eines Formwerkzeugs erläutert, obwohl die Erfindung auf diesen Anwendungsfall selbstverständlich nicht beschränkt ist. So ist denkbar, daß ein derartiger hydraulisch unterstützter elektrischer Antrieb auch auf der Schließseite der Spritzgießmaschine zum Einsatz kommt oder aber bei der Aufrechterhaltung der Düsenanlegekraft während des Einspritzvorganges.

Bei diesem Einspritzvorgang arbeitet ein Einspritzaggregat in der Regel nach folgendem Schema:

Die im Plastifizierzylinder rotierbar und axial verschiebbar gelagerte Einspritzschnecke verfügt über zwei elektrische Antriebe. Der eine bewirkt die Rotationsbewegung der Schnecke und der andere die translatorische Bewegung der Schnecke im Plastifizierzylinder. Am Anfang des Zyklus befindet sich die Spitze der Plastifizier- und Einspritzschnecke im Bereich des Düsenmundstücks des Plastifizierzylinders. Während der Zuführung und der Plastifizierung des Kunststoffmaterials fördert die Schnecke durch ihre Rotationsbewegung plastifiziertes Kunststoffmaterial vor die Schneckenspitze, wobei sich die Schnecke von der Düsenöffnung so lange wegbewegt, bis genügend plastifiziertes Material vor die Schneckenspitze transportiert ist. Dann wird der Antrieb zur translatorischen Bewegung der Schnecke zugeschaltet, wobei jetzt die Schnecke als Einspritzkolben dient, der die plastifizierte Masse durch das Düsenmundstück in die Kavität des Formwerkzeugs einspritzt.

Ein derartiges Einspritzaggregat ist beispielsweise aus der DE-OS 43 44 335 bekannt. Dort erfolgt die Umsetzung der Rotationsbewegung des Elektromotors in eine translatorische Bewegung der Schnecke über eine Spindel, in deren Innerem ein Innenzylinder vorgesehen ist, in dem ein mit dem Antriebszapfen verbundener Kolben geführt ist. Über eine durch den Kolben und den Antriebszapfen über ein Druckproportionalventil zu einem Hydrauliktank geführte Leitung kann aus dem Innenzylinder bei Staubelastung der Schnecke Hydrauliköl zum Tank abströmen, wodurch sich mit Hilfe des Druckproportionalventils der gewünschte Staudruck sicherstellen läßt.

Das Druckmittel in diesem Innenzylinder dient somit lediglich als Pufferelement, welches gewährleistet soll, daß der Staudruck annähernd konstant bleibt.

Nachteilig bei dieser Ausführungsform ist allerdings,

daß bei erhöhter Belastung, beispielsweise in der Nachdruckphase oder auch beim Einspritzvorgang selbst, der die translatorische Bewegung der Schnecke bewirkende Elektromotor zu starken Belastungen ausgesetzt wird. So lange die Leistung des Elektromotors, beispielsweise ein Servomotor, für die translatorische Bewegung bzw. für die Nachdruckphase ausreicht, treibt die Maschine die hydraulisch zu unterstützende Achse, im vorliegenden Beispiel die Einspritzschnecke, mit einem hohen Wirkungsgrad an. Erst bei höheren geforderten Lasten sinkt der gesamte Wirkungsgrad der Maschine.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Antrieb der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß Überlastungen des Antriebsmotors vermieden werden und der Wirkungsgrad der Maschine in etwa konstant bleibt.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit Hilfe der Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im Gegensatz zum aus der DE-OS 43 44 335 bekannten Antrieb ist die hydraulische Unterstützung im erfindungsgemäßen Fall keine passive, lediglich reagierende Einrichtung, sondern unterstützt den Elektromotor für die translatorische Bewegung abhängig von bestimmten Belastungszuständen aktiv.

Es handelt sich somit um eine hydraulische Kraftverstärkung eines elektrischen Antriebs. Hierzu wird die Spindel bzw. die Zahnstange, die als Übertragungselement der Rotationsbewegung des Elektromotors in eine translatorische Bewegung der Schnecke dienen, in ihrem rückwärtigen Ende mit einem Hydraulikzylinder versehen bzw. gekoppelt, wie es an sich aus der DE-OS 43 44 335 bekannt ist. Dieser Hydraulikzylinder ist über regel- bzw. steuerbare Hydraulikventile mit einem hydraulischen Druckmittelspeicher, auch Blasenspeicher genannt, gekoppelt.

Die Zuschaltung der hydraulischen Energie erfolgt in Abhängigkeit von der Last des Elektromotors. So sind für höhere Geschwindigkeiten zum Beispiel an der Spritzachse einer Spritzgießmaschine zum Einspritzen einer Menge Kunststoffschmelze entsprechend den rheologischen Eigenschaften der Schmelze höhere Kräfte erforderlich. Damit steigt zwangsläufig die Lastaufnahme des treibenden Elektromotors. Bei Erreichen einer definierten Last, die entweder über eine Drehmomentmessung oder eine Messung der Stromaufnahme bestimmt wird, wird hydraulische Energie zugeschaltet, d.h. Druck in den Zylinderraum vor dem Arbeitskolben gefördert. Der Druckanstieg im Zylinderraum ist proportional zur Lastaufnahme des Antriebsmotors.

Die Zuschaltung der hydraulischen Kraftverstärkung kann einmal beim Einspritzvorgang erforderlich sein, wobei zur Einhaltung einer entsprechenden Einspritzgeschwindigkeit der Elektromotor ohne Unterstützung eventuell überlastet werden könnte. In diesem Fall kann das Rückführsignal für die Regelung des Hydraulik-

likkreislaufes die Ist-Geschwindigkeit sein, die mit der Soll-Geschwindigkeit verglichen wird. Bei einer Unterschreitung der Sollgeschwindigkeit, d.h. wenn der Motor in seiner Leistung nicht mehr ausreicht, die Soll-Geschwindigkeit zu erreichen, wird der Einspritzvorgang hydraulisch unterstützt, wie oben ausgeführt.

Zum anderen kann die Zuschaltung der hydraulischen Energie in der Nachdruckphase erfolgen. Dadurch, daß während des Einspritzvorganges die Kavität des Formwerkzeuges bereits gefüllt ist und durch den Nachdruck Schrumpfungseffekte des Formlings in der Kavität ausgeglichen werden sollen, wirken gerade in dieser Phase hohe Druckkräfte, die versuchen, die Schnecke nach hinten zurückzutreiben. Auch in diesem Fall kann der Elektromotor seine obere Leistungsgrenze erreichen. Neben der Möglichkeit der direkten Messung der Leistungsaufnahme des Elektromotors wird gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung der Ist-Druck in der Schmelze gemessen und mit einem Soll-Nachdruck verglichen. Fällt der Ist-Druck unter den Soll-Druck, ist das ein Zeichen, daß der Elektromotor eine Leistungsgrenze erreicht bzw. überschritten hat. Auch in diesem Fall wird dann die hydraulische Kraftverstärkung zugeschaltet.

Neben der direkten Schmelzedruckmessung kann auch zur Erzeugung des Rückführsignals eine Kraftmessung am Ende des Schneckenschaftes durchgeführt werden, wobei einem bestimmten (schädlichen) Belastungszustand des Motors eine entsprechende Kraftspitze zugeordnet ist.

Somit wird bei Schonung des Elektromotors der Wirkungsgrad der Maschine auf einem kontant hohen Niveau gehalten, was zum einen der Qualitätssicherung dient zum anderen aber auch gewährleistet, daß die Maschine, insbesondere der Antrieb, störungsunanfällig ist.

Gemäß einem weiteren vorteilhaften Merkmal der Erfindung (Anspruch 10) ist der Druckmittelspeicher von einer vom Elektromotor antreibbaren Pumpe aufladbar, wobei ein Kupplungssystem vorgesehen ist, über das der Elektromotor alternativ mit der Pumpe oder dem Getriebe für die translatorische Bewegung der Schnecke verbindbar ist.

Das heißt, daß während der Plastifizierungsphase, wenn die Schnecke lediglich eine Rotationsbewegung ausführt, und dabei (durch das sich aufbauende Kunststoffpolster vor der Schneckenspitze) nach hinten verschoben wird, wobei der Druckraum im Druckmittelzylinder selbstverständlich drucklos ist, der Elektromotor vom Translationsgetriebe entkoppelt und mit der Pumpe gekoppelt ist. Die Pumpe pumpt das im Kreislauf befindliche Hydrauliköl in den Speicher, wo ein Druck von etwa 160 bar erreicht wird.

Die Ölmenge ist dabei verglichen mit den bei früher üblichen, rein hydraulisch angetriebenen Maschinen so klein, daß Umweltprobleme vernachlässigbar sind.

Die Erfindung wird im folgenden anhand einer Zeichnung dargestellt und näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt in sehr schematisierter Dar-

stellung das Einspritzaggregat einer Spritzgießmaschine, welches allgemein mit dem Bezugszeichen 1 versehen ist. Es besteht hauptsächlich aus einer Plastifizier- und Einspritzschnecke 2, welche in einem Plastifizierzylinder 3 rotierbar und axial verschiebbar gelagert ist. Der Rotationsantrieb für die Schnecke 2 ist nicht dargestellt.

Die Schnecke 2 ist relativ zu einem translatorisch wirkenden Antriebsglied bei 4 drehbar gelagert. Dieses translatorische Antriebsglied ist im vorliegenden Fall eine Zahnstange 5. Mit den Zähnen der Zahnstange 5 kämmen die Zähne eines Ritzels 6, welches auf einer Welle 7 sitzt, die über ein Kupplungselement 8 von einem Elektromotor 9 angetrieben wird. Mit der Zahnstange 5 fluchtend und an ihrer freien Stirnseite befestigt ist die Kolbenstange 10 eines Kolbens 11, der in einem Hydraulikzylinder 12 verschiebbar ist. Der Zylinderraum 13, der der Kolbenstange abgewandt ist, ist über ein Wegeventil 14 mit einem Druckmittelspeicher 15 verbindbar.

Zusätzlich kann der Elektromotor 9 über die Kupplung 8 bei Entkopplung des Ritzels 6 eine Hydraulikpumpe 16 antreiben, die den Druckmittelspeicher 15 auflädt.

Mit den Buchstaben a, b und c sind alternative Regelungsmöglichkeiten dargestellt, die auf das Wegeventil 14 einwirken und es bei Bedarf in eine Stellung bringen, bei der der Zylinderraum 13 mit dem Speicher 15 verbunden oder von diesem getrennt ist.

Mit a ist die Möglichkeit angesprochen, daß durch Messung des Drehmoments oder der Leistungsaufnahme des Elektromotors 9 selbst ein Signal erzeugt wird, welches auf eine Überlastung des Elektromotors 9 hindeutet und somit das Wegeventil anweist, in die Schaltstellung zu gelangen, in der der Speicher 15 mit dem Zylinderraum 13 verbunden ist. Dann unterstützt der hydraulische Antrieb den elektrischen Antrieb, z.B. bei der Vorwärtsbewegung (Einspritzbewegung) der Schnecke. Genauso kann diese Unterstützung erfolgen, wenn die Schnecke bereits die erforderliche Menge an Kunststoffmaterial eingespritzt hat und nun in der Nachdruckphase eine geringe Menge weiteren Materials nachdrücken muß.

Im Falle der Alternative b wird mit Hilfe einer Weg-Zeitmessung die Ist-Geschwindigkeit beim Schnecken-vortrieb gemessen und in einer nicht dargestellten Elektronik mit der gewünschten Sollgeschwindigkeit verglichen. Unterschreitet die Ist-Geschwindigkeit die Soll-Geschwindigkeit, ist das ein Zeichen für die Überlastung des Elektromotors 9, so daß ein Signal erzeugt wird, das ebenfalls auf das Wegeventil 14 in der Weise wirkt, daß es den Speicher 15 mit dem Zylinderraum 13 verbindet, wodurch die hydraulische Kraftverstärkung zugeschaltet wird.

Eine dritte Alternative ist mit dem Buchstaben c bezeichnet. Hier wird im Bereich des Düsenmundstücks vor der Schnecke 3 der Schmelzedruck gemessen. Dieser Ist-Wert wird mit einem Soll-Wert verglichen und bei Unterschreitung des Sollwertes wird ebenfalls das

Wegeventil 14 veranlaßt, den Zylinderraum 13 mit dem Speicher 15 zu verbinden.

Statt des Schmelzedrucks kann auch bei 4 die dort wirkende Kraft beim Nachdrücken gemessen werden, wodurch ebenfalls ein Signal für die Zuschaltung des hydraulischen Antriebs erzeugt wird.

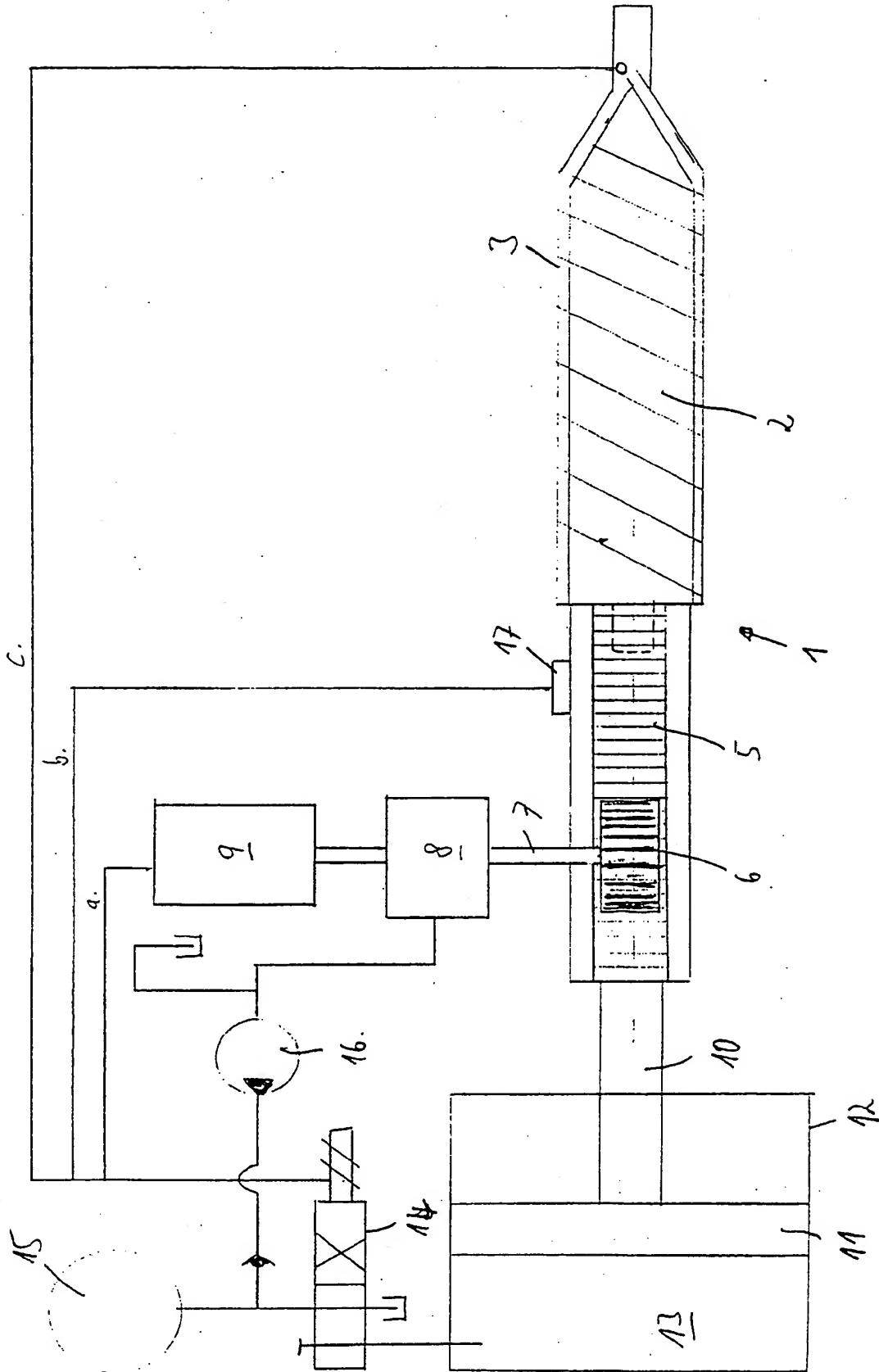
Über die Kupplung 8 wird der Elektromotor 9 mit der Pumpe 16 gekoppelt, dann nämlich, wenn der Plastifizierungsvorgang durchgeführt wird. In dieser Phase führt die Schnecke lediglich eine aktive Rotationsbewegung aus, wodurch sie plastifiziertes Material vor die Schnecken spitze transportiert, wodurch sich wiederum die Schnecke durch das sich aufbauende Kunststoffpolster nach hinten bewegt.

Patentsprüche

1. Elektrischer Antrieb mit hydraulischer Unterstützung in einer Spritzgießmaschine, insbesondere für den Schneckenvortrieb beim Einspritzvorgang und/oder in der Nachdruckphase mit einem Elektromotor, der über ein geeignetes Getriebe die axiale Vortriebsbewegung bewirkt, und einem aus einem Druckmittelspeicher mit Druck beaufschlagbaren, in einem Zylinder verschiebbaren Kolben, dessen Bewegung der durch den Elektromotor erzeugten axialen Bewegung überlagerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckbeaufschlagung über den Druckmittelspeicher (15) bei Erreichen einer definierten Regelgröße erfolgt, die einem definierten Belastungszustand des Elektromotors (9) entspricht, wobei der Druckanstieg im Zylinder (13) proportional zur Lastaufnahme des Elektromotors (9) ist.
2. Antrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der den Kolben (11) aufweisende Zylinder (12) über mindestens ein steuer- und regelbares Hydraulikventil (14) mit dem Druckmittelspeicher (15) verbindbar ist.
3. Antrieb nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelgröße direkt am Elektromotor (9) gemessen wird.
4. Antrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Regelsignals das Drehmoment des Elektromotors (9) gemessen wird.
5. Antrieb nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Regelsignals die Stromaufnahme des Elektromotors (9) gemessen wird.
6. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

daß das Rückführsignal für die Regelung des Druckmittelkreislaufs die Vortriebs-Ist-Geschwindigkeit und damit die tatsächliche Einspritzgeschwindigkeit ist, die mit der Sollgeschwindigkeit verglichen wird.

7. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückführsignal für die Regelung des Druckmittelkreislaufs der Ist-Druck in der Nachdruckphase ist, der mit dem Soll-Nachdruck verglichen wird.
8. Antrieb nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drucksignale durch Einsatz eines Schmelzedruckmeßgerätes erzeugt werden.
9. Antrieb nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drucksignale durch eine Kraftmessung im Verbindungsbereich (4) von Einspritzschnecke (2) und translatorischem Antriebsglied (5) erzeugt werden.
10. Antrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckmittelspeicher (15) von einer von dem Elektromotor (9) antreibbaren Pumpe (16) aufladbar ist, wobei ein Kupplungssystem (8) vorgesehen ist, über das der Elektromotor (9) alternativ mit der Pumpe (16) oder mit dem Getriebe (5,6,7) verbindbar ist.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 11 1985

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	
A	EP-A-0 508 277 (BATTENFELD GMBH) 14.Oktober 1992 * Spalte 3, Zeile 33 - Spalte 4, Zeile 26; Abbildung 2 *	1	B29C45/50 B29C45/76
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 16, no. 510 (M-1328), 21.Oktober 1992 & JP-A-04 189525 (HITACHI LTD), 8.Juli 1992, * Zusammenfassung *	1	
A	--- EP-A-0 166 788 (FANUC LTD) 8.Januar 1986 * Seite 6, Zeile 26 - Seite 7, Zeile 27; Abbildung 2 *	1	
A	--- US-A-5 381 702 (OHNO MITSUMASA) 17.Januar 1995 * das ganze Dokument *	1	
D,A	--- DE-A-43 44 335 (KRAUSS-MAFFEI AG) 29.Juni 1995 * Anspruch 10; Abbildung 2 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B29C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27.November 1996	Prüfer Bollen, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)